



TITLE:

液体環境における生体分子の高速重イオン放射線分解に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

野村, 真史

CITATION:

野村, 真史. 液体環境における生体分子の高速重イオン放射線分解に関する研究. 京都大学, 2018, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21101>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	野 村 真 史
論文題目	液体環境における生体分子の高速重イオン放射線分解に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、放射線による生体分子損傷の解明を目的に、液体の水が関与する生体内の放射線誘起反応を模擬した実験系を用いて、高速重イオンビームによる生体分子の損傷機構を原子レベルで解明した研究の成果をまとめたものであり、全 6 章からなる。</p> <p>第 1 章は序論であり、まず、本研究の背景となる粒子線がん治療や人体への放射線影響について、物理的観点からの基礎研究の重要性を論じている。次に、本研究を行う動機となった生体分子の放射線損傷における液体の水分子の役割について原子物理学的アプローチによる研究の現状について述べ、解決すべき課題、特に、液体内で起こる生体分子の放射線損傷機構を解明する意義について述べている。最後に、本論文の目的と概要について述べている。</p> <p>第 2 章は実験方法について述べている。本研究では、細胞を模擬するため、真空内液体分子線法により作製した生体分子水溶液を用いて、この水溶液にイオンビーム照射し、その結果生じる反応生成物を測定している。真空内で安定な液体分子線を作成する方法について、流体力学を用いた考察から評価している。また、キャピラリーマイクロビーム法により液体物質にイオンビームを直接照射する新しい方法を述べている。最後に、反応生成物の分析に用いた飛行時間型二次イオン質量分析法について述べている。</p> <p>第 3 章はイオンビームによる真空内揮発性液体の二次イオン質量分析について、質量スペクトルに影響を与える様々な因子を論じている。まず揮発性液体が真空内で蒸発することによる液体の温度低下を理論計算により評価し、液体の温度に対する溶解度特性に基づき、生体分子水溶液における溶質の均一性を考察している。次に、二次イオン質量スペクトルの溶液濃度依存性について、スペクトルのピーク位置と形状が濃度の増加と共に著しく影響を受け、この事が液体物質の表面電荷に起因していることを見出している。更に、スペクトルの強度は溶液濃度の増加と共に増加しないこと、スペクトルに現れるピークの相対強度は溶液濃度に因らず一定であることを明らかにしている。</p> <p>第 4 章は液体の水の重イオン放射線分解におけるスカベンジャーの効果について論じている。ラジカルスカベンジャー物質にアスコルビン酸を用い、イオン照射によって液体から放出される正の二次イオンスペクトルのピーク強度及び位置は、アスコルビン酸の濃度に応じて変化し、二次イオン放出過程には液体表面の極性状態が影響を与えることを見出している。水溶液中のカチオンとアニオンの濃度分布から溶液内の化学平衡モデルを提唱し、OH ラジカルと共に生成する H_3O^+ の二次イオン収量のアスコル</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	野 村 真 史
<p>ビン酸濃度依存性を調べ、アスコルビン酸がラジカルスカベンジャーとして作用する濃度の上限値を明らかにしている。</p> <p>第5章は水溶液環境下における生体分子の重イオン放射線分解について論じている。イオン照射による水溶液環境下のアミノ酸分子の分解は、気相のアミノ酸分子と同様に、分子のC-C_α結合の切断が支配的に起こること、更に分子の結合が多重に切断される度合は気相の分子に比べて少なくなることを見出している。また、有機分子の阻止断面積を計算するCore-and-Bondモデルにより、気相のアミノ酸分子に対して入射イオンから付与されるエネルギー量を計算し、分子分解の度合いは、エネルギー付与量に強い相関があることを見出している。その相関に基づき、水溶液環境下のアミノ酸分子に付与されるエネルギー量は気相の場合に比べて約半分になり、その結果分子の多重分解の抑制に繋がること、この抑制を引き起こす要因は生体分子の周囲に存在する水分子へのエネルギー分散であることを述べている。更に、水溶液環境では、イオン・分子反応などの物理化学過程により、新たな反応生成物が生じることを明らかにしている。</p> <p>第6章は総括であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、放射線の生体への影響に関する基礎研究として、液体内で起こる生体分子の放射線損傷の原子レベルでの解明を目的に行った実験的研究をまとめたものである。細胞を模擬するため、真空内液体分子線法により作製した生体分子水溶液を用いて、高速重イオン照射で生じる反応生成物を直接測定できる実験装置を開発し、水の放射線分解で生じた OH ラジカルのアスコルビン酸によるスカベンジャー効果の定量分析及びアミノ酸水溶液の重イオン放射線分解機構の解明を行っている。得られた主な成果は次のとおりである。

- 1) 真空中の揮発性液体物質へのイオンビーム照射技術に関する研究について、キャピラリーマイクロビーム法によりビームを液体物質に直接照射する方法を確立することに成功し、この方法を液体物質の二次イオン質量分析に適用することで、液体のイオン照射反応生成物の観測を可能にしている。
- 2) 水の放射線分解で生じる活性種を低減させる方法に関する研究について、ラジカルスカベンジャー物質にアスコルビン酸を用い、水の放射線分解で生じる OH ラジカルと共に生成する H_3O^+ の生成量に注目し、その生成量が最も低減するスカベンジャー物質の濃度を溶液内化学反応モデルに基づき定量的に明らかにしている。
- 3) 生体分子水溶液の重イオン照射効果に関する研究について、生体分子として 3 種類のアミノ酸（グリシン、プロリン、ヒドロキシプロリン）を用い、生体分子の放射線損傷における水分子の役割を、気相の生体分子標的への照射実験との比較から、水分子が生体分子の損傷を抑制することを明らかにしている。

本論文は、高速重イオン照射による液体環境下での分子の放射線分解を、二次イオン質量分析法を用いて測定することに成功し、その結果、放射線の直接作用においては生体分子の損傷を水分子が抑制することを明らかにし、間接作用においてはラジカルの生成量を低減するスカベンジャー効果を定量的に評価したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 30 年 2 月 19 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

